



PROGRAMA DE ASIGNATURA Año 2025

1. ANTECEDENTES GENERALES

Carrera	Ingeniería en Biotecnología			
Unidad responsable	Departamento de Ingeniería Química y Procesos de Minerales			
Nombre de la asignatura	Biominería			
Código de la asignatura	IBFP02			
Año/Semestre	Quinto Año/ IX Semestre			
Coordinador Académico	Dr. Javier Ordoñez Contreras			
Equipo docente	Dr. Javier Ordoñez Contreras (javier.ordonez@uantof.cl) (JO) Dra. Ana Mercado Seguel (ana.mercado@uantof.cl) (AM)			
Área de formación	Profesional			
Créditos SCT	6 créditos			
Horas de dedicación	Horas Presenciales Directas	4	Horas De Trabajo Autónomo	6
Fecha de inicio	07 de abril del 2025			
Fecha de término	10 de agosto del 2025			

2. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Chile es el primer país productor de cobre del mundo, en donde más del 20% de este metal se extrae por procesos biotecnológicos, en donde los microorganismos son usados como catalizadores biológicos que solubilizan los metales para posteriormente recuperarlos mediante técnicas hidro y pirometalúrgicas.

En la actualidad las grandes reservas de cobre están presentes en minerales de baja ley en donde los microorganismos juegan una función importante a nivel industrial para poder extraer el metal; sin embargo, aún falta potenciar la tecnología y hacerla más robusta para acortar los tiempos de operación industrial, mejorar las condiciones del proceso, contar con microorganismos mejorados genéticamente, entre otros. En virtud de ello, la asignatura Biominería contribuye al perfil del biotecnólogo en aportar una base científica sólida para abordar las necesidades de la industria y permitiendo concebir, manipular y diseñar la tecnología necesaria para obtener nuevos productos biotecnológicos, y ofertar bienes o servicios que permitan solucionar los problemas asociados a bioprocesos en la industria Minera.

La asignatura de Biominería está estructurada en tres unidades, las que abordan desde una parte teórica los conceptos asociados a los procesos mineros y a la interacción microorganismo-mineral y desde un enfoque práctico, algunos ensayos fundamentales para la caracterización de los bioprocesos mineros.

3. RESULTADOS DE PRENDIZAJE

3.1. Objetivo general

Contribuir al aprendizaje del estudiante sobre fundamentos específicos de la aplicación de bioprocesos a la industria minera para la extracción de metales.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Entregar conocimiento básico sobre los procesos microbianos e interacciones mineral- microorganismo.

3.2.2. Entender los procesos de tratamiento de minerales para la obtención de productos de valor.

4. UNIDADES DE APRENDIZAJE

4.1. UNIDAD I: MINERALES Y SU PROCESAMIENTO

Esta unidad está referida al estudio de los principales minerales que se emplean para extraer metales base y preciosos, como cobre, oro y plata, así como las operaciones unitarias implicadas en el proceso de extracción y beneficiación de recursos minerales. Los contenidos a revisar son:

- 4.1.1. Mineralogía básica y caracterización de minerales.
- 4.1.2. Introducción al procesamiento de minerales. Operaciones Unitarias en minería: Chancado, molienda, flotación, lixiviación, extracción por solventes y electro obtención.
- 4.1.3. Residuos mineros masivos. Características y cuantificación.

4.2. UNIDAD II: MICROBIOLOGÍA ASOCIADA A LA INTERACCIÓN MINERAL-MICROORGANISMO

Esta unidad aborda los aspectos microbiológicos para comprender la naturaleza de la interacción entre los microorganismos y los minerales. Los contenidos a revisar son:

- 4.2.1. Metabolismo y biodiversidad microbiana asociada a minerales
- 4.2.2. Microorganismos lixiviantes: Biodiversidad microbiana, caracterización genética, metabólica y fisiológica de los microorganismos que intervienen en el proceso de biolixiviación, aislamiento de microorganismos lixiviantes.
- 4.2.3. Las biopelículas y adherencia microbiana a minerales: aplicaciones en biotecnología.
- 4.2.4. Relevancia de la fisiología celular y adaptabilidad genética de microorganismos en procesos industriales mineros.

4.3. UNIDAD III: BIOTECNOLOGÍA APLICADA A PROCESOS MINEROS

Se estudiarán los principios fundamentales de las operaciones de biohidrometalurgia y biobeneficiación. Los contenidos a revisar son:

- 4.3.1. Reacciones químicas del proceso de lixiviación microbiana y termodinámica.
- 4.3.2. Modelos de sistemas en plantas de biolixiviación comerciales: BIOXTM, BIOPROTM, GeoBIOTICS-GEOCOAT®, consideración y criterios de diseño. Balances de energía y masa.
- 4.3.3. Tipos de lixiviación y control de parámetros: densidad celular, gases, T°, pH, concentración de hierro, nutrientes, etc.
- 4.3.4. Bioflotación de minerales sulfurados de cobre.
- 4.3.5. Biofloculación.
- 4.3.6. Biorremediación de efluentes industriales y mineros.

5. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

5.1. Estrategias del aprendizaje

- 5.1.1. Clases narrativas, en las que el profesor expondrá los contenidos teóricos de cada unidad temática, estimulando la participación constante de los alumnos.
- 5.1.2. Preparación de informes de laboratorio de máximo 3 estudiantes
- 5.1.3. Seminarios bibliográficos mediante la lectura y discusión de artículos científicos en Biominería.
- 5.1.4. Actividades de laboratorio grupales.

5.2. Tecnología, auxiliares didácticos y equipos audiovisuales

Las clases teóricas se realizan por presentaciones en PowerPoint proyectadas con un proyector multimedia y por video conferencias. Los alumnos dispondrán de guías, apuntes y otros materiales usados en la asignatura, en el sitio Moodle de la Universidad de Antofagasta.

Los alumnos serán incentivados a profundizar algunos temas de interés científico o profesional, mediante lecturas complementarias, preparación de informes y exposiciones orales y búsqueda de información en Internet.

5.3. Evaluaciones

Evaluación (ponderación)	Procedimientos de evaluación (ponderación)	Fecha Inicio-Término
Teoría (35%)	Prueba 1 (100%)	21/07
Práctica (65%)	Informe de Laboratorio 1 (30%)	23/06
	Defensa de laboratorio 1 (20%)	23/06
	Informe de Laboratorio 2 (30%)	14/07
	Defensa de laboratorio 2 (20%)	14/07

La ponderación de cada resultado de aprendizaje se denota en la primera columna de la tabla y se emplea para el cálculo de la nota final.

* Las fechas podrían ser modificadas por disponibilidad del equipo docente.

Las Pruebas teóricas serán escritas y la parte práctica incluirá la preparación de informes relacionados con cada actividad práctica.

La calificación final de la asignatura y el examen, tendrán una ponderación de 60% y 40%, respectivamente. El examen final podrá ser rendido en sólo dos oportunidades mediante un control escrito que evaluará los contenidos desarrollados en la asignatura.

6. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

6.1. Bibliografía básica

(debe estar en la biblioteca de la universidad). Indicar código del texto.

- 6.1.1. Mineral biotechnology: microbial aspects of mineral beneficiation, metal extraction and environmental control. Kawatra, SK. 2001. Clasificación 622.7KAW2001 (Biblioteca Recursos del Mar Universidad de Antofagasta). 6 ejemplares.
- 6.1.2. Fermentation microbiology and biotechnology. Mansi El-Mansi. Boca Raton (FL) [Estados Unidos]: Taylor & Francis. 2007. XXVIII, 544 p.: diagrs.; 26 cm. Clasificación 660.28449ELM2007 (Biblioteca Recursos del Mar Universidad de Antofagasta). 5 ejemplares.
- 6.1.3. Microbial biotechnology: Fundamentals of applied microbiology. Alexander N. Glazer. 2007. Clasificación 660.62GLA2007 (Biblioteca Central Universidad de Antofagasta). 9 ejemplares.

6.2. Bibliografía Complementaria

- 6.2.1 Biomining. Rawlings, D.E., Barrie Jonson, B. Springer-Verlag, Berlin. 2007.Alemania. 302 p. : il. ; 24 cm. Clasificación. 622.7 B521b 1997 (Biblioteca Central Universidad de Antofagasta). 1 ejemplar.



7 CRONOGRAMA

Jueves 15:00 a 17:45 h en Auditorio LEA y Laboratorio LIBMin (Departamento de Ingeniería Química y Procesos de Minerales), a menos que se indique otro lugar. La asistencia a horas de Laboratorio (L) es obligatoria. Las características de las horas se señalan a continuación.

Semana	Fecha	Descripción de la Actividad	Tipo de horas (T, P, o L) (1)	Iniciales del profesor
1	07-abr	Clase inaugural	T	JO
2	14-abr	Minerales y su procesamiento	T	JO
3	21-abr	Minerales y su procesamiento	T	JO
4	28-abr	Minerales y su procesamiento	T	JO
5	05-may	Biotecnología aplicada a procesos mineros	T	JO
6	12-may	Biotecnología aplicada a procesos mineros	T	JO
7	19-may	Interacción microorganismo-mineral	T	AM
8	26-may	Interacción microorganismo-mineral	T	AM
	02-jun	Semana de coordinación académica		
9	09-jun	Lab 1: Lixiviación de relaves mineros	L	JO
10	16-jun	Lab 1: Lixiviación de relaves mineros	L	JO
11	23-jun	Presentación Lab 1	L	JO
12	30-jun	Lab 2: Bioadsorción de cobre desde efluentes mineros	L	JO
13	07-jul	Lab 2: Bioadsorción de cobre desde efluentes mineros	L	JO
14	14-jul	Presentación Lab 2	L	AM
15	21-jul	Prueba	T	JO

* Las fechas podrían ser modificadas por disponibilidad del equipo docente.

8 OTROS

8.1. Evaluación y Resultados de Aprendizaje

El Artículo 39 establece que los estudiantes deben aprobar todos los resultados de aprendizaje de una asignatura, con un promedio igual o superior a 4,0, para aprobar la actividad académica. Los estudiantes que reprobren algún resultado de aprendizaje tienen derecho y obligación a realizar actividades de evaluación en primera y segunda oportunidad, siempre que hayan participado en evaluaciones parciales. La calificación final de la asignatura se calculará a partir del promedio de las calificaciones de cada resultado de aprendizaje. Si un estudiante aprueba la evaluación en segunda oportunidad, se le asignará un 4,0 en el resultado de aprendizaje no aprobado.

Si después de estas evaluaciones se reprueba un resultado de aprendizaje, se reprobará la asignatura con la calificación más baja obtenida. No se aplicará este derecho de evaluación a asignaturas que requieran actividades pedagógicas colectivas, como prácticas grupales, donde no se pueda evaluar individualmente el logro de los resultados de aprendizaje. Esta excepción debe ser acordada por el comité de carrera y especificada en el programa de la asignatura.

8.2. Asistencia y justificaciones

Artículo 29: La asistencia a trabajos prácticos, laboratorios, prácticas e internados es obligatoria al 100% para todos los estudiantes. Se pueden justificar inasistencias por motivos de salud (a través del SEMDA) y situaciones especiales (cuidadores, maternidad, etc.) ante la Dirección de Desarrollo Estudiantil, registrándose como faltas justificadas. No se permiten justificaciones para inasistencias a clases regulares,



salvo para evaluaciones programadas, que requieren respaldo en los plazos establecidos. La asistencia a clases teóricas debe ser del 75% mínimo, a menos que se estipule un porcentaje mayor en el programa de la asignatura. El incumplimiento conlleva la reprobación de la asignatura, reemplazando la nota final por un 2.0. Se considera atraso si el estudiante llega hasta 5 minutos tarde; después, se cuenta como inasistencia.

Artículo 30: Si un estudiante no asiste a una evaluación, recibirá la nota mínima (1.0), pero puede solicitar una reprogramación si justifica su inasistencia dentro de tres días hábiles. La evaluación reprogramada debe realizarse antes del final del semestre. Si falta al examen de primera oportunidad, será calificado con 1.0 y deberá presentarse al examen de segunda oportunidad; si no asiste a este último, también obtendrá 1.0.

8.3. Faltas Graves y Sanciones

Cualquier falta grave relacionada con copias, plagio en pruebas, evaluaciones o trabajos será sancionada de acuerdo con el [DECRETO EXENTO N° 955](#) (23/08/2018), que regula el Procedimiento Disciplinar del Estudiante de Pregrado de la Universidad de Antofagasta.

La normativa y reglamentos pueden ser consultados en la Jefatura de Carrera. Adicionalmente, algunos documentos relevantes están disponibles en los siguientes enlaces:

<http://desarrollocurricular.uantof.cl/wp-content/uploads/2021/03/D.E.-N%C2%B0538-2018-REGLAMENTO-DEL-ESTUDIANTE-DE-PREGRADO-.pdf>

<http://desarrollocurricular.uantof.cl/wp-content/uploads/2021/03/Manual-del-Chungungo-Mechones-2021.pdf>

Enlace visación certificados SEMDA: <https://forms.office.com/r/m7RkCRphzp>

Documento : Programa de la Asignatura
Biominería (IBFP02)

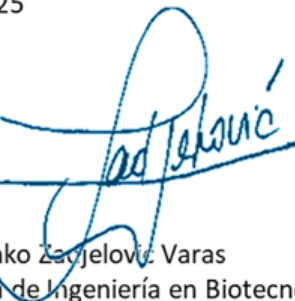
Carrera : Ingeniería en Biotecnología

Creado por : Departamento de Ingeniería Química y Procesos de
Minerales

Facultad : Facultad de Ingeniería

Visado por : Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología

Autorizado por : 07/04/2025



Vinko Zecjelović Varas
Jefe de Carrera de Ingeniería en Biotecnología